

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-274614

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/68  
H04N 5/325  
G06F 15/332

(21)Application number : 05-057590

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 18.03.1993

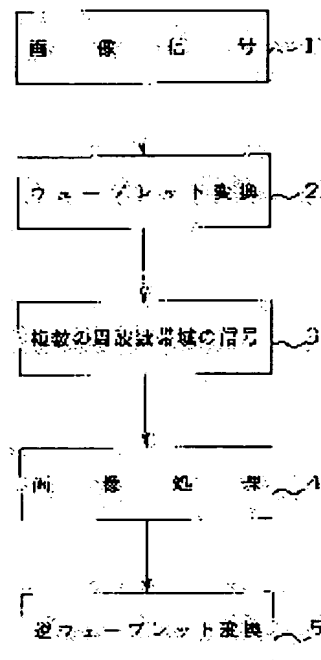
(72)Inventor : ITO WATARU

## (54) IMAGE PROCESSING METHOD

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide naturally reproduced images corresponding to visual impressions without emphasizing noise by performing image processing such as emphasis to signals in one frequency band at least among signals in plural frequency bands provided by performing wavelet transformation to image signals.

**CONSTITUTION:** Since wavelet transformation 2 is performed to an image signal 1 expressing a radiograph and because the image signal 1 is decomposed into signals 3 in plural frequency bands, false vibrations are not generated in this signal like Fourier transformation. Therefore, prescribed image processing 4 such as blur mask processing, gradation processing or emphasis processing is performed to the signal 3 in one frequency band at least among these signals 3 in plural frequency bands, and inverse wavelet transformation 5 is performed to this signal, to which the image processing 4 is performed, and the other signals. Thus, the image in the desired frequency band can be naturally emphasized or the like corresponding to visual impressions without emphasizing noise.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.03.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-274614

(43) 公開日 平成6年(1994)9月30日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	弁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/68	4 0 0 A	9191-5L		
H 0 4 N 5/325				
G 0 6 F 15/332	Z	7343-5L		
		9163-4C	A 6 1 B 6/ 00	3 5 0 N
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)				

(21) 出願番号 特願平5-57590

(22) 出願日 平成5年(1993)3月18日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 伊藤 渡

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

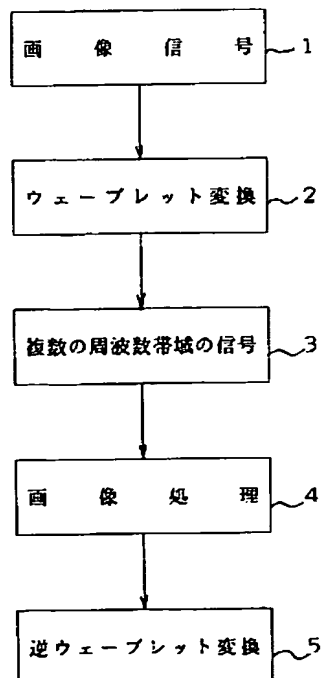
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法

(57) 【要約】

【目的】 放射線画像を表す画像信号に画像処理を施す画像処理方法において、観察読影適性に優れ、視覚的な印象にあった自然な強調等が行えるようにする。

【構成】 放射線画像を表す画像信号1に対して、ウェーブレット変換2を施して、この画像信号1を複数の周波数帯域の信号3に分解する。次いで、この信号3のうち、少なくとも1つの周波数帯域の信号3に対して所定の画像処理4を施し、この画像処理4が施された信号3と他の信号に逆ウェーブレット変換5を施す。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線画像を表す画像信号から該放射線画像の可視像を再生するに当り、該画像信号に画像処理を施す画像処理方法において、  
該画像信号にウェーブレット変換を施すことにより、該画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解し、  
該複数の周波数帯域の少なくとも1つの周波数帯域の信号に対して所定の画像処理を施し、

該画像処理が施された信号および他の信号に逆ウェーブレット変換を施すことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記所定の画像処理が、前記少なくとも1つの周波数帯域の信号に所定数を乗算する処理であることを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、放射線画像を表す画像信号に基づいて可視像を再生する際の画像処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】記録された画像を読み取って画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生表示することは種々の分野で行われている。たとえば、後の画像処理に適合するように設計されたガンマ値の低いフィルムを用いてX線画像を記録し、このX線画像が記録されたフィルムからX線画像を読み取って電気信号（画像信号）に変換し、この画像信号に画像処理を施した後コピー写真等に可視像として再生することにより、コントラスト、シャープネス、粒状性等の画質性能の良好な再生画像を得ることが行われている（特公昭61-5193号公報参照）。

【0003】また本願出願人により、放射線（X線、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、電子線、紫外線等）を照射するとこの放射線エネルギーの一部が蓄積され、その後可視光等の励起光を照射すると蓄積されたエネルギーに応じて輝尽発光を示す蓄積性蛍光体（輝尽性蛍光体）を利用して、人体等の被写体の放射線画像情報をシート状の蓄積性蛍光体に一旦記録し、この蓄積性蛍光体シートをレーザー光等の励起光で走査して輝尽発光光を生ぜしめ、得られ\*

$$S = S_{org} + \beta (S_{org} - S_{sus}) \quad \dots(1)$$

（S：周波数処理された信号、 $S_{org}$ ：読取画像信号、 $S_{sus}$ ：ボケマスク信号、 $\beta$ ：強調度）

また、画像信号に対して周波数処理を施す別の方法として、フーリエ変換による周波数解析を用いる方法が知られている。この方法は、画像信号をフーリエ変換して、画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解し、この分解

2

\*た輝尽発光光を光電的に読み取って画像信号を得、この画像信号に基づき被写体の放射線画像を写真感光材料等の記録材料、CRTディスプレイ装置等に可視画像として出力させる放射線画像記録再生システムがすでに提案されている（特開昭55-12429号、同56-11395号、同55-163472号、同56-104645号、同55-116340号等）。

【0004】このシステムは、従来の銀塩写真を用いる放射線写真システムと比較して極めて広い放射線露出域にわたって画像を記録しようという実用的な利点を有している。すなわち、蓄積性蛍光体においては、放射線露光量に対して蓄積後に励起によって輝尽発光する発光光の光量が極めて広い範囲にわたって比例することが認められており、従って種々の撮影条件により放射線露光量はかなり大幅に変動しても、蓄積性蛍光体シートより放射される輝尽発光光の光量を読取ゲインを適当な値に設定して光電変換手段により読み取って電気信号（画像信号）に変換し、この画像信号を用いて写真感光材料等の記録材料、CRTディスプレイ装置等の表示装置に放射線画像を可視画像として出力させることによって、放射線露光量の変動に影響されない放射線画像を得ることができる。

【0005】上記各種システムにおいて、前述したように観察・診断に適した可視画像を得るために得られた画像信号に各種の画像処理を施すことが一般的に行われている。この画像処理としては、画像信号のレベルにより再生される放射線画像の濃度を調整する階調処理が知られている。

【0006】また、放射線画像の診断性能を向上させるために、画像信号に対してボケマスク処理等の周波数強調処理を施す方法が本出願人により提案されている（特開昭55-163472号公報、特開昭55-87953号公報等）。この周波数処理は、読取画像信号 $S_{org}$ に、この読取画像信号 $S_{org}$ からボケマスク信号 $S_{sus}$ を引いたものに強調度 $\beta$ を掛けたものを加える処理を施すもので、これにより、画像において所定の空間周波数成分を強調するようにしたものである。これを式で表すと下記の式のようになる。

【0007】

された信号のうち、所望とする周波数帯域の信号に対して強調等の所定の画像処理を施すものである。このフーリエ変換による周波数解析方法は、画像信号に対して、

【0008】

【数1】

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad \dots (2)$$

但し、 $f(t)$  : 任意の波形の信号

$F(\omega)$  :  $f(t)$  のフーリエ変換

$$e^{-j\omega t} = \cos \omega t - j \sin \omega t$$

【0009】なる式により、この画像信号中にどの周波数帯域の成分が含まれているかを解析する方法であり、振動解析、スペクトル解析等様々の分野における解析に用いられる方法である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、フーリエ変換は、画像信号を複数の周波数帯域毎の信号に分解する際の基底関数が三角関数であるため、信号の振幅等の性質が信号の部分ごとに変わると、画像信号のうち、本来振動していない部分に振動が発生してしまうという偽振動の問題が発生する。例えば、図7に示すような信号Sorgをフーリエ変換し、各周波数帯域毎に逆フーリエ変換した周波数信号で見ると、原信号Sorgの振動が発生していない部分Aにおいて、周波数帯域7の対応する部分A'に偽振動が発生しているのが分かる。これは、フーリエ変換が原信号Sorgを無理に正弦波に合わせようとしているために、振動していない部分が他の振動している部分に影響されてしまうことにより発生するものである。

【0011】このようにフーリエ変換においては、偽振動が発生するため、フーリエ変換を用いて周波数処理を行うと、この周波数処理を行った画像信号を再生した際に、再生画像が視覚的な印象にそぐわず、不自然な強調等がなされた画像になってしまうという問題がある。

【0012】また、上述したボケマスク処理は所定の周波数より高周波の成分をすべて強調してしまう処理であるため、このボケマスク処理を用いて周波数強調処理を行う方法においては、所望とする周波数成分のみならず画像信号に含まれるノイズをも強調してしまうことがあり、観察読影適性に優れた再生画像を得ることができなかった。

【0013】本発明は上記事情に鑑み、観察読影適性に

優れ、視覚的な印象にあった自然な強調等を行うことができる放射線画像を表す画像信号に対する画像処理方法を提供することを目的とするものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の画像処理方法は、放射線画像を表す画像信号から該放射線画像の可視像を再生するに当り、該画像信号に画像処理を施す画像処理方法において、該画像信号にウェーブレット変換を施すことにより、該画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解し、該複数の周波数帯域の少なくとも1つの周波数帯域の信号に対して所定の画像処理を施し、該画像処理が施された信号および他の信号に逆ウェーブレット変換を施すことを特徴とするものである。

【0015】また、本発明による第2の画像処理方法は、上述した本発明による第1の画像処理方法において、前記所定の画像処理が、前記少なくとも1つの周波数帯域の信号に所定数を乗算する処理であることを特徴とするものである。

【0016】ここで、ウェーブレット変換について説明する。

【0017】ウェーブレット変換は、周波数解析の方法として近年開発されたものであり、ステレオのパターンマッチング、データ圧縮等に応用がなされているものである (OLIVIER RIOUL and MARTIN VETTERLI; Wavelets and Signal Processing, IEEE SP MAGAZINE, P.14-38, OCTOBER 1991, Stephane Mallat; Zero-Crossings of a Wavelet Transform, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, VOL. 37, NO. 4, P.1019-1033, JULY 1991)。

【0018】このウェーブレット変換は、図8に示すような関数hを基底関数として、

【0019】

【数2】

5

6

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) h(a, b) dt \quad \cdots (3)$$

但し、 $f(t)$  : 任意の波形の信号

$W(a, b)$  :  $f(t)$  のウェーブレット変換

$$h(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} h\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

$a$  : 関数の縮率

$b$  : 水平軸方向の移動量

【0020】なる式において信号を複数の周波数帯域の信号に分解するため、フーリエ変換のような偽振動の問題が発生しない。すなわち、関数 $h$ の周期および縮率を変化させ、原信号を移動させることによりフィルタリング処理を行えば、細かな周波数から粗い周波数までの所望とする周波数に適合した信号を作成することができる。例えば、図9に示すように、前述した図7に示した信号と同一の信号 $Sorg$ をウェーブレット変換し、各周波数帯域毎に逆ウェーブレット変換した信号で見ると、原信号 $Sorg$ の振動と対応した周波数帯域の信号を得ることができる。すなわち、原信号 $Sorg$ の部分 $B$ と対応する周波数帯域 $W7$ の部分 $B'$ には、原信号と同様に振動が発生していないものとなる。

【0021】

【作用】本発明による画像処理方法は、放射線画像を表す画像信号に対してウェーブレット変換を施して、画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解するようにしたため、この信号には、前述した図7に示すフーリエ変換のように偽振動が発生していないものとなる。したがって、この複数の周波数帯域の信号のうち、少なくとも1つの周波数帯域の信号に対してボケマスク処理、階調処理、強調処理等の所定の画像処理を施し、この画像処理が施された信号および他の信号に逆ウェーブレット変換を施せば、ノイズを強調することなく、所望とする周波数帯域の画像に対して視覚的な印象にあった自然な強調等を行うことができる。

【0022】なお、ウェーブレット変換した画像信号に対して画像処理を施さずに逆ウェーブレット変換をした場合、原画像が完全に復元できることが数学的に保証されているため、本発明の画像処理方法により、元の放射線画像の情報が欠落することはない。

【0023】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【0024】図1は、本発明による画像処理方法の基本的概念を表す図である。図1に示すように、本発明による画像処理方法は、放射線画像を表す画像信号1に対して、ウェーブレット変換2を施して、この画像信号1を複数の周波数帯域の信号3に分解する。次いで、この信号3のうち、少なくとも1つの周波数帯域の信号3に対して所定の画像処理4を施し、この画像処理4が施された信号と他の信号に逆ウェーブレット変換5を施すようにしたものである。

【0025】以下、本発明による画像処理方法の実施例について詳細に説明する。図2は、放射線画像読取装置の一例を表す図である。

【0026】図示しない放射線撮影装置で撮影が行われ、放射線画像が記録された蓄積性蛍光体シート14が読取装置20の所定位置にセットされる。

【0027】蓄積性蛍光体シート14が読取装置20の所定位置にセットされると、このシート14はモータ21により駆動されるエンドレスベルト22により、矢印 $Y$ 方向に搬送（副走査）される。一方、レーザー光源23から発せられた光ビーム24はモータ25により駆動され矢印 $X$ 方向に高速回転する回転多面鏡26によって反射偏向され、 $f\theta$ レンズ等の集束レンズ27を通過した後、ミラー28により光路を変えて前記シート14に入射し副走査の方向（矢印 $Y$ 方向）と略垂直な矢印 $X$ 方向に主走査する。シート14の励起光24が照射された箇所からは、蓄積記録されている放射線画像情報に応じた光量の輝尽発光光29が発散され、この輝尽発光光29は光ガイド30によって導かれ、フォトマルチプライヤ（光電子増倍管）31によって光電的に検出される。上記光ガイド30はアクリル板等の導光性材料を成形して作られたものであり、直線状をなす入射端面30aが蓄積性蛍光体シート14上の主走査線に沿って延びるように配され、円環状に形成された射出端面30bにフォトマルチプライヤ31の受光面が結合されている。入射端面30aから光ガイド30内に入射した輝尽発光光29

は、該光ガイド30の内部を全反射を繰り返して進み、射出端面30bから射出してフォトマルチプライヤ31に受光され、放射線画像を表わす輝度発光光29がフォトマルチプライヤ31によって電気信号に変換される。

【0028】フォトマルチプライヤ31から出力されたアナログ出力信号S0は対数増幅器32で対数的に増幅され、A/D変換器33でデジタル化され、これにより画像信号Sorgが得られ、画像処理装置40に入力される。この画像処理装置40は、可視画像を再生表示するためのCRTディスプレイ41、CPU、内部メモリ、インターフェイス等が内蔵された本体部42、フロッピーディスクが装填され駆動されるフロッピーディスクドライブ部43、およびこのX線画像読取装置に必要な情報を入力するためのキーボード44から構成されている。

【0029】この画像処理装置40において上述した画像処理が行われる。

【0030】図3は、画像信号Sorgに対するウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0031】なお、本実施例においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行うものである。

【0032】図3に示すように、画像信号Sorgの主走査方向に基本ウェーブレット関数より求められる関数 $g_0$ と関数 $h_0$ とによりフィルタリング処理を行う。すなわち、このような関数 $g_0$ 、 $h_0$ による主走査方向に並ぶ画素の一行毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつずらしながら行い、画像信号Sorgの主走査方向のウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0を求めるものである。

【0033】ここで、関数 $g_0$ 、 $h_0$ は基本ウェーブレット関数より一意に求められるものであり、例えば、図8に示す基本ウェーブレット関数の場合、以下の表1に示すものとなる。また、関数 $g_0$ 、 $h_0$ を図に示すと、関数 $g_0$ は図4(a)に、関数 $h_0$ は図5(a)にそれぞれ示すものとなる。

【0034】

【表1】

n	$h_0$	$g_0$
5	0.0032	0.0039
4	-0.0132	0.0062
3	-0.0393	-0.0226
2	0.0450	-0.1120
1	0.2864	-0.2309
0	0.4347	0.7118
-1	0.2864	-0.2309
-2	0.0450	-0.1120
-3	-0.0393	-0.0226
-4	-0.0132	0.0062
-5	0.0032	0.0039

但しnはサンプリング点を示す。

【0035】このようにして、ウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0が求められると、ウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0それぞれの副走査方向に関数 $g_0$ 、 $h_0$ によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号WW0、WV0、VW0およびVV0を得る。次いで、ウェーブレット変換係数信号VV0の主走査方向に関数 $g_1$ 、 $h_1$ によりフィルタリング処理を行う。

【0036】すなわち、前述した $g_0$ 、 $h_0$ の場合と同様に、関数 $g_1$ 、 $h_1$ により主走査方向に並ぶ画素の一行毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつずらしながら行い、ウェーブレット変換係数信号VV0の主走査方向のウェーブレット変換係数信号Wg1およびWh1を求めるものである。

【0037】ここで、関数 $g_1$ 、 $h_1$ は、関数 $g_0$ 、 $h_0$ の各サンプリング点の間に1個の0を挿入することにより作成したものである。また、関数 $g_1$ 、 $h_1$ を図に示すと、関数 $g_1$ は図4(b)に、関数 $h_1$ は図5(b)にそれぞれ示すものとなる。

【0038】このようにして、ウェーブレット変換係数信号Wg1、Wh1が求められると、ウェーブレット変換係数信号Wg1、Wh1それぞれの副走査方向に関数 $g_1$ 、 $h_1$ によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号WW1、WV1、VW1およびVV1を得る。

【0039】以下、上述したのと同様にして、ウェーブレット変換係数信号VV1の主走査方向に関数 $g_2$ 、 $h$

によりフィルタリング処理を行い、さらに得られたウェーブレット変換係数信号に対し、副走査方向に関数  $g_2$ 、 $h_2$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WW_2$ 、 $WV_2$ 、 $VW_2$ 、 $VV_2$  を得る。

【0040】ここで、関数  $g_2$ 、 $h_2$  は関数  $g_0$ 、 $h_0$  の各サンプリング点の間に2個の0を入れることにより作成したものであり、関数  $g_2$  は図4(c)に、関数  $h_2$  は図5(c)にそれぞれ示すものとなる。

【0041】このようなウェーブレット変換をN回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号  $WW_0 \sim WW_N$ 、 $WV_0 \sim WV_N$ 、 $VW_0 \sim VW_N$ 、および  $VV_0 \sim VV_N$  を得る。ここで、N回目のウェーブレット変換の際に用いられる関数  $g_N$ 、 $h_N$  は、関数  $g_0$ 、 $h_0$  の各サンプリング点の間に  $2^{N-1}$  個の0を入れることにより作成される。したがって、関数  $g_N$ 、 $h_N$  はNが大きいほど周期の大きな関数となる。

【0042】ここで、ウェーブレット変換係数信号  $WW_i$  ( $i=0 \sim N$ 、以下同様)は、画像信号  $S_{org}$  の主副両方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が大きいほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号  $WV_i$  は画像信号  $S_{org}$  の主走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が大きいほど低周波信号となる。さらにウェーブレット変換係数信号  $VW_i$  は画像信号  $S_{org}$  の副走査方向の周波数の変化を表すものであり、 $i$  が大きいほど低周波信号となる。

【0043】次いで、このようにして得られたウェーブレット変換係数信号に対して予め設定されたテーブル  $\beta_{vv}(i)$ 、 $\beta_{vw}(i)$ 、 $\beta_{ww}(i)$  を乗算することにより所望とする周波数帯域の強調を行う。すなわち、1番目のウェーブレット変換係数信号  $WW_i$ 、 $WV_i$ 、 $VW_i$  につ

$$WW_i' = \beta_{ww}(i) \times WW_i \quad \dots(4)$$

$$WV_i' = \beta_{vw}(i) \times WV_i \quad \dots(5)$$

$$VW_i' = \beta_{vv}(i) \times VW_i \quad \dots(6)$$

なる演算を行うものである。

【0044】ここで、放射線画像の高周波成分を強調したいときには  $\beta_{vw}(i)$ 、 $\beta_{vw}(i)$ 、 $\beta_{vw}(i)$  について、 $i$  が小さいほど大きい値を設定すればよく、また、低周波成分を強調したいときには、 $i$  が大きいほど大きい値を設定すればよい。さらに、放射線画像の主走査方向成分のみ強調したいときには、 $\beta_{vw}(i)$  について  $\beta_{vw}(i)$ 、 $\beta_{vw}(i)$  よりも大きい値を設定すればよい。

【0045】以上のようにして  $\beta_{vw}(i)$ 、 $\beta_{vw}(i)$  および  $\beta_{vw}(i)$  が乗算されたウェーブレット変換係数信号  $WW_i'$ 、 $WV_i'$  および  $VW_i'$  が求められると、これらの係数信号  $WW_i'$ 、 $WV_i'$ 、 $VW_i'$  および  $VV_i'$  を用いて、逆ウェーブレット変換を行う。

【0046】図6は、逆ウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0047】図6に示すように、まずウェーブレット変換係数信号  $VV_N$  を副走査方向に前述した関数  $h_N$  により、ウェーブレット変換係数信号  $VW_N$  を副走査方向に前述した関数  $g_N$  によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数  $g_N$ 、 $h_N$  によるウェーブレット変換係数信号  $VV_N$ 、 $VW_N$  の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつずらしながら行い、ウェーブレット変換係数信号  $VV_N$ 、 $VW_N$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$  を得る。

【0048】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号  $WV_N$  を副走査方向に関数  $h_N$  により、ウェーブレット変換係数信号  $WW_N$  を副走査方向に関数  $g_N$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WV_N$ 、 $WW_N$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN'$  を得る。

【0049】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号  $WhN'$  を主走査方向に関数  $h_{N-1}$  により、逆ウェーブレット変換係数信号  $WgN'$  を主走査方向に関数  $g_{N-1}$  によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号  $Wh_{N-1}'$ 、 $Wg_{N-1}'$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_{N-1}'$  を得る。

【0050】次いでこの逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_{N-1}'$  を副走査方向に前述した関数  $h_{N-1}$  により、ウェーブレット変換係数信号  $VW_{N-1}$  を副走査方向に前述した関数  $g_{N-1}$  によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数  $g_{N-1}$ 、 $h_{N-1}$  によるウェーブレット変換係数信号  $VV_{N-1}$ 、 $VW_{N-1}$  の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつずらしながら行い、ウェーブレット変換係数信号  $VV_{N-1}$ 、 $VW_{N-1}$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $Wh_{N-1}'$  を得る。

【0051】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号  $WV_{N-1}$  を副走査方向に関数  $h_{N-1}$  により、ウェーブレット変換係数信号  $WW_{N-1}$  を副走査方向に関数  $g_{N-1}$  によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号  $WV_{N-1}$ 、 $WW_{N-1}$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $Wg_{N-1}'$  を得る。

【0052】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号  $Wh_{N-1}'$  を主走査方向に関数  $h_{N-1}$  により、逆ウェーブレット変換係数信号  $Wg_{N-1}'$  を主走査方向に関数  $g_{N-1}$  によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号  $Wh_{N-1}'$ 、 $Wg_{N-1}'$  の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_{N-2}'$  を得る。

【0053】以下、順次逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_i'$  ( $i = -1 \sim N$ ) を作成し、最終的に逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_{-1}'$  を得る。この最終的な逆ウェーブレット変換係数信号  $VV_{-1}'$  が画像信号  $S_{org}$  の所望とする周波数帯域が強調された画像信号となる。

【0054】このようにして得られたウェーブレット変換係数信号  $VV_{-1}'$  は図示しない画像再生装置に送られて、放射線画像の再生に供せられる。

【0055】この再生装置は、CRT等のディスプレイ手段でもよいし、感光フィルムに光走査記録を行う記録装置であってもよいし、あるいはそのために画像信号を一旦光ディスク、磁気ディスク等の画像ファイルに記憶させる装置に置き換えられてもよい。

【0056】このようにして、ウェーブレット変換を行うことにより得られた信号に強調処理を行うことにより、フーリエ変換により得られた信号に強調処理を行った場合よりも、より視覚的な印象に合った画像を得ることができる。例えば、放射線画像に急に濃度が変化するエッジ(心臓の影、骨等)が存在する場合に、この放射線画像を表す画像信号をフーリエ変換して、エッジ部分を強調するとエッジの所で偽輪郭が目立ってしまう。これは、無理にエッジ部分の信号を三角関数に合わせようとしているため、画像信号のうち振動が発生していない部分にまで振動が発生してしまうためである。これに対し、放射線画像を表す画像信号をウェーブレット変換すると、偽振動のない信号が得られるため、エッジ部分は比較的自然的に強調され、偽輪郭のない自然な画像を得ることができる。

【0057】また、所望とする周波数帯域の信号のみを強調することができるため、前述した式(1)に示すボケマスク処理のようにノイズ成分となる高周波成分を強調することなく、画像の強調処理を行うことができる。

【0058】なお、上述した実施例においては、ウェーブレット変換係数信号にテーブル  $\beta_{v_{ii}}$ 、 $\beta_{v_{vi}}$ 、 $\beta_{v_{vv}}$  を乗算して、画像  $S_{org}$  のうち所望とする周波数帯域の信号に対して強調処理を行っているが、これに限定されるものではなく、ウェーブレット変換係数信号  $WW_i$ 、 $WV_i$  および  $VW_i$  に対して、異なるボケマスク処理を施すようにしてもよい。例えば、放射線画像のうち、主要被写体を表現している周波数帯域の信号にのみ前述した式(1)に示すボケマスク処理を施すことにより、主要被写体部分の画像強調を行うことができる。また、ウェーブレット変換係数信号  $WW_i$ 、 $WV_i$  および

$VW_i$  に対して、階調処理を施すようにしてもよい。

【0059】また、上述した実施例においては、基本ウェーブレット関数として図8に示した関数を用いているが、これに限定されるものではなく、ウェーブレット変換に適した関数であれば、いかなる関数を用いてもよい。

【0060】さらに、上述した実施例において、ウェーブレット変換として直交ウェーブレット変換を用いた例を示したが、これに限定されるものではなく、非直交のウェーブレット変換によって周波数帯域に分割された係数信号を用いてもよく、2次元基本ウェーブレットを拡大、縮小、移動または回転させてコンボリューションを行うウェーブレット変換を用いてもよい。

【0061】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明による画像処理方法は、画像信号にウェーブレット変換を施すことにより得られた複数の周波数帯域の信号のうちの、少なくとも1つの周波数帯域の信号に強調等の画像処理を施すようにしたため、この画像処理が施された画像信号を逆ウェーブレット変換することにより得られる画像信号を再生した際に、ノイズを強調することなく、視覚的な印象にあった自然な再生画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による画像処理方法の基本的概念を表す図

【図2】放射線画像読取装置を表す図

【図3】ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図4】関数  $g_0$  を表す図

【図5】関数  $h_0$  を表す図

【図6】逆ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図7】フーリエ変換を説明するための図

【図8】ウェーブレット変換に用いられる基本ウェーブレット関数を表す図

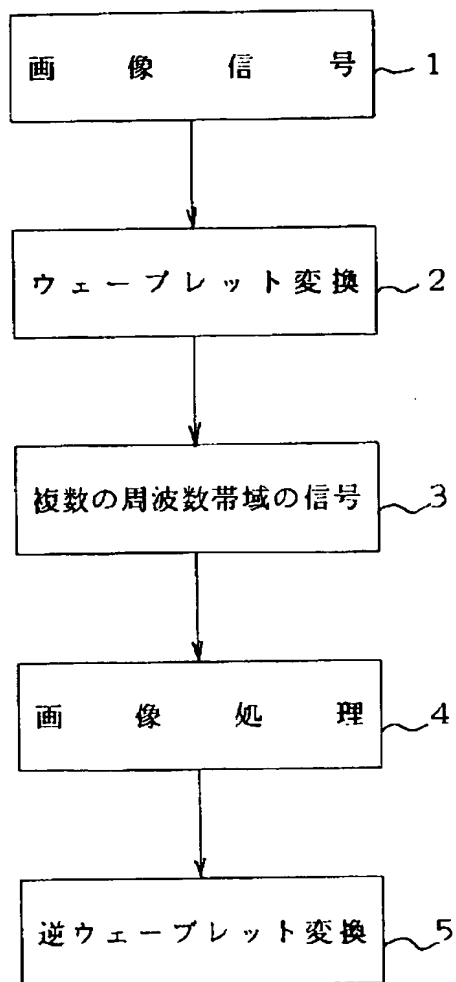
【図9】ウェーブレット変換を説明するための図

【符号の説明】

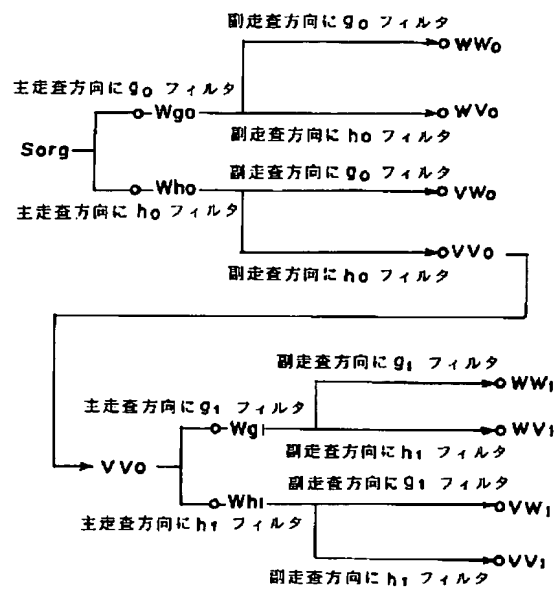
- 14 蓄積性蛍光体シート
- 23 レーザ光源
- 24 レーザ光
- 29 輝尽発光光
- 40 画像処理装置
- 44 キーボード



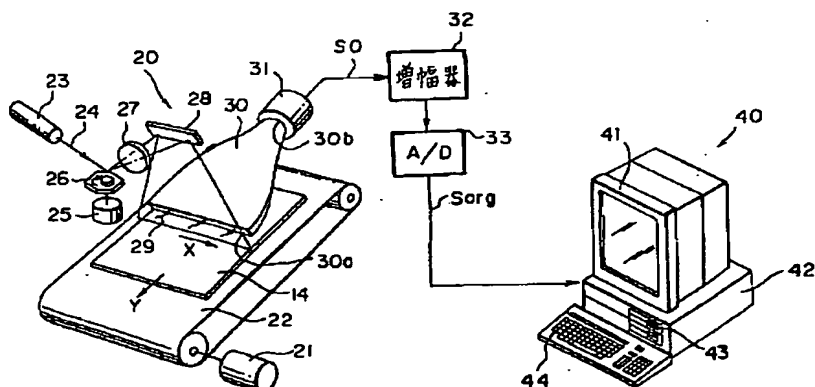
【図1】



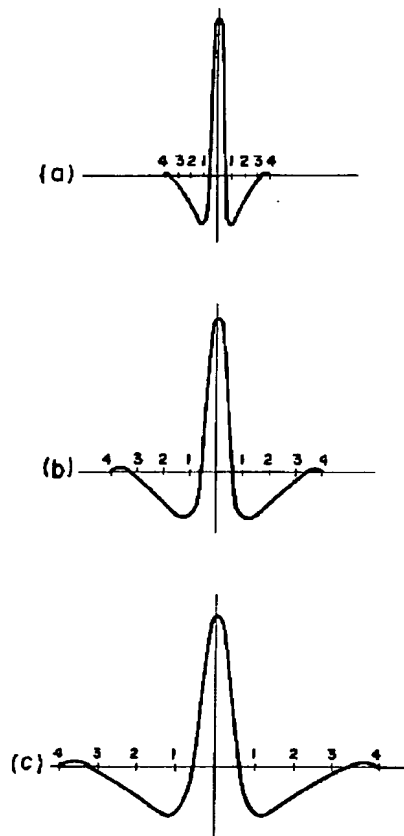
【図3】



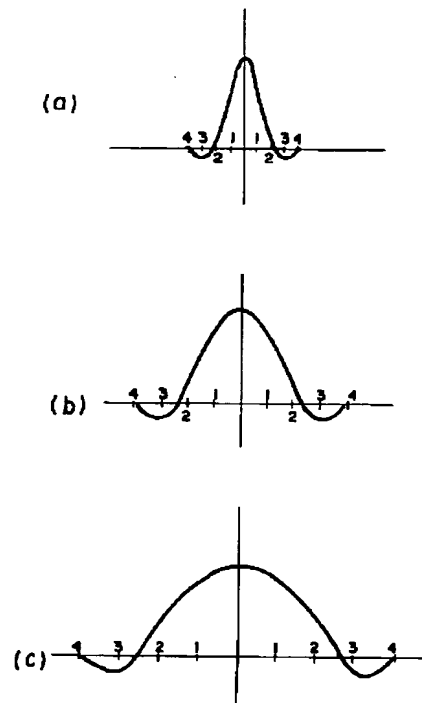
【図2】



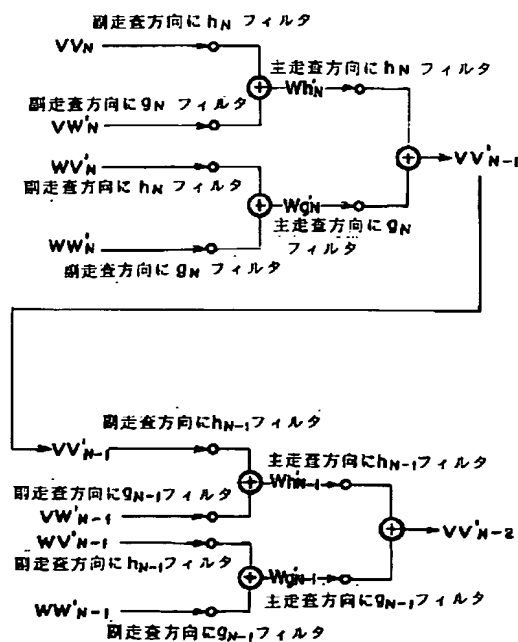
【図4】



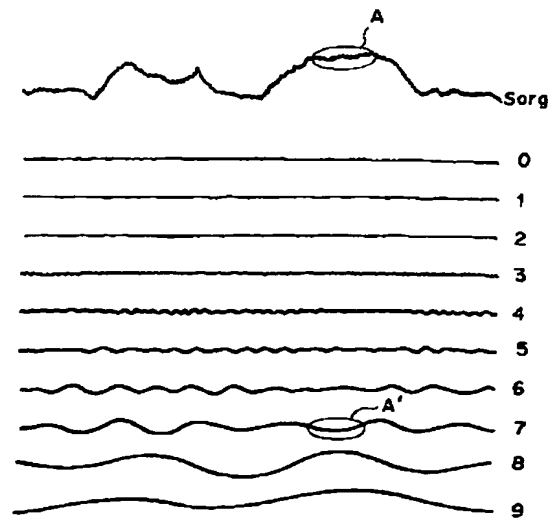
【図5】



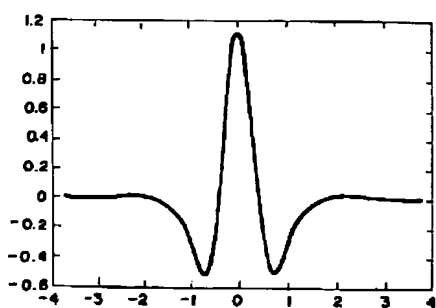
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

